# 不同精粗比饲粮中添加甘露寡糖对绵羊瘤胃养分降解率的影响[1]

王 林 赵 臣 曾燕霞 陈志龙 郑 琛*

（甘肃农业大学动物科学技术学院，兰州 730070）

摘 要：本试验采用尼龙袋法研究不同精粗比饲粮中添加甘露寡糖（MOS）对绵羊瘤胃养分降解率的影响。选取 6 只安装永久瘤胃瘘管的羯羊（白萨福克♂×小尾寒羊♀），采用 4×6 双因子析因试验设计，共设饲粮精粗比和 MOS 添加水平 2 个因子，其中饲粮精粗比分别为 20:80（A1）、30:70（A2）、40:60（A3）和 50:50（A4），MOS 添加水平分别为 0（B1）、0.4%（B2）、0.8%（B3）、1.2%（B4）、1.6%（B5）和 2.0%（B6）。结果显示：饲粮精粗比对不同时间点绵羊瘤胃干物质（DM）、有机物（OM）和粗蛋白质（CP）的降解率、降解参数[DM、OM：快速降解部分（a）、慢速降解部分（b）和可降解部分（a+b）；CP：a、b 和 b 部分的降解速率（c）]及有效降解率均产生了显著影响（$P<0.05$），其变化规律均为随饲粮精料比例的升高而升高，在 A4 组达到最高；MOS 添加水平仅对不同时间点绵羊瘤胃 CP 的降解率及降解参数 a+b 产生了显著影响（$P<0.05$），其变化规律均为随 MOS 添加水平的增加先升高后降低，在 B5 组达到最高。饲粮精粗比和 MOS 添加水平对绵羊瘤胃养分降解率没有产生显著的交互作用（$P>0.05$）。由此得出，饲粮精粗比为 50:50 时绵羊瘤胃干物质、有机物和粗蛋白质的有效降解率最高，MOS 添加水平达到 1.6%时绵羊瘤胃粗蛋白质的降解率最高。

关键词：绵羊；精粗比；甘露寡糖；尼龙袋法；瘤胃降解率

中图分类号：S816　　　　文献标识码：A　　　　文章编号：

甘露寡糖（mannan oligosaccharides,MOS）是近年来国内外研究较多的新型饲料添加剂，是由2～10个葡萄糖、甘露糖或半乳糖分子通过 β-1,4-*D*-甘露吡喃糖苷键或是由 α-1,2、α-1,3 或 α-1,6糖苷键连接而成，为直链或支链低度聚合糖，主要通过富含 MOS 的酵母细胞壁发酵获得。MOS 不但能促进有益菌增殖，还能吸附病原菌，改善肠道微生态，增强动物非特异性免疫，提高动物抵抗力[1-4]。此外，MOS 还是一种肠道调节剂，相比抗生素而言，具有无污染、无残留及无副作用等优点。至今，国内外对 MOS 在单胃动物养殖中的应用已有较多的研究，但在反刍动物养殖中的应用研究较少。

饲粮精粗比对反刍动物瘤胃内环境及消化代谢有重要的影响，精粗比过低或过高都会对其健康状况和生产性能造成不利影响。添加适宜的粗饲料，不但可以增加动物的饱腹感、节省饲料成本，还可以促进动物胃肠道的蠕动、提高消化率，同时对优化反刍动物瘤胃内环境也具有潜在益处[5-6]。饲喂适宜精粗比饲粮对提高养分利用率和生产性能有重要意义。因此，本试验采用尼龙袋法测定添加不同水平 MOS 的不同精粗比饲粮在绵羊瘤胃内干物质（dry matter,DM）、有机物（organic matter,OM）和粗蛋白质（crude protein,CP）的降解率，并对

收稿日期：2016-12-27

基金项目：国家自然科学基金项目（31560646）

作者简介：王 林(1989-)，女，甘肃天水人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail: 1226084547@qq.com

*通信作者：郑 琛，副教授，硕士生导师，E-mail: zhengc@gsau.edu.cn

其交互作用进行探讨，为 MOS 在反刍动物生产中的应用及其与饲粮精粗比的交互作用研究提供基础数据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验采用4×6双因子析因试验设计，共设2个因子，分别为饲粮精粗比（A）和 MOS 添加水平(B)，饲粮精粗比设4个水平，分别为20:80（A1）、30:70（A2）、40:60（A3）和50:50（A4），MOS 添加水平设6个水平，分别为0(B1)、0.4(B2)、0.8(B3)、1.2(B4)、1.6(B5)和2.0(B6)，共形成21个处理。具体试验设计方案见表1。

表1 试验设计方案

Table 1 The experimental design scheme

| MOS 添加水平 MOS adding level | 饲粮精粗比 Dietary concentrate to roughage ratio | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20:80（A1） | 30:70（A2） | 40:60（A3） | 50:50（A4） |
| 0(B1) | A1B1 | A2B1 | A3B1 | A4B1 |
| 0.4(B2) | A1B2 | A2B2 | A3B2 | A4B2 |
| 0.8(B3) | A1B3 | A2B3 | A3B3 | A4B3 |
| 1.2(B4) | A1B4 | A2B4 | A3B4 | A4B4 |
| 1.6(B5) | A1B5 | A2B5 | A3B5 | A4B5 |
| 2.0(B6) | A1B6 | A2B6 | A3B6 | A4B6 |

### 1.2 试验饲粮

试验选用玉米、大豆粕、棉籽粕、苜蓿干草和燕麦草等 MOS 含量较低的饲料原料，配制 MOS 含量较低的4种不同精粗比的试验饲粮，其组成及营养水平见表2。

表2 试验饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 2 Composition and nutrient levels of experimental diets (air-dry basis) %

| 项目 Items | 饲粮精粗比 Dietary concentrate to roughage ratio | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 20:80（A1） | 30:70（A2） | 40:60（A3） | 50:50（A4） |
| 原料 Ingredients | | | | |
| 玉米 Corn | 12.49 | 19.29 | 29.29 | 37.99 |
| 大豆粕 Soybean meal | 7.00 | 9.00 | 9.00 | 9.00 |
| 棉籽粕 Cottonseed meal | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 2.50 |
| 苜蓿干草 Alfalfa hay | 37.80 | 29.00 | 26.00 | 19.00 |
| 燕麦草 Oat grass | 40.00 | 40.00 | 33.00 | 30.30 |
| 食盐 NaCl | 0.70 | 0.70 | 0.70 | 0.70 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 预混料 Premix | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 |
| 合计 Total | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 营养水平 Nutrient levels | | | | |
| 干物质 DM | 90.86 | 90.62 | 90.27 | 89.97 |
| 消化能 DE/(MJ/kg) | 9.12 | 9.69 | 10.32 | 10.93 |
| 粗蛋白质 CP | 10.46 | 10.91 | 11.03 | 11.16 |
| 消化能/粗蛋白质 DE/CP (MJ/g) | 0.087 | 0.089 | 0.094 | 0.098 |
| 中性洗涤纤维 NDF | 45.36 | 42.02 | 37.91 | 34.22 |
| 酸性洗涤纤维 ADF | 27.05 | 25.04 | 22.35 | 20.04 |
| 钙 Ca | 0.67 | 0.57 | 0.53 | 0.44 |
| 磷 P | 0.21 | 0.22 | 0.23 | 0.24 |

预混料为每千克饲粮提供 The premix provides the following per kilogram of diets：S 200 mg，Fe 25 mg，Zn 40 mg，Cu 8 mg，I 0.3 mg，Mn 40 mg，Se 0.2 mg，Co 0.1 mg，VA 940 IU，VE 20 IU。

### 1.3 试验动物及饲养管理

选用 6 只年龄在 1 岁左右、体重为（28.04±2.07） kg 并安装永久瘤胃瘘管的健康杂种羯羊(白头萨福克♂×小尾寒羊♀)作为供试动物。试验期内给供试绵羊饲喂 A3 饲粮（1.0 kg/头/d），自由饮水。

### 1.4 尼龙袋试验

准确称取样品3.0 g，装入袋面积为18 cm×15 cm、孔径为40 μm 的尼龙袋内，扎紧袋口，每个处理3个重复。每只羊瘤胃中放入12个尼龙袋，重复2次，拴系于瘘管口固定，于晨饲前将夹好的尼龙袋送入供试绵羊瘤胃腹囊中。分别在放入后3、6、9、12、24和48 h 时取出尼龙袋，用37 ℃蒸馏水冲洗，控制水流速与水温以及冲洗时间，冲洗时间大约为5 min。冲洗后，将尼龙袋及样品放入65~70 ℃恒温箱内干燥至恒重，然后根据张丽英等[7]的方法测定饲粮和残渣中 DM、OM 和 CP 的含量，并计算其降解率。

### 1.5 饲粮瘤胃流通速率 K 及 DM、OM 和 CP 有效降解率的测定

采用铬标记的方法[8]进行饲料瘤胃流通速率 K 的测定。根据各采样的时间点和粪便中氧化铬的浓度，利用软件 CurveExpert 1.3进行最小二乘法曲线拟合，测定饲料瘤胃流通速率 K，计算结果见表3。DM、OM 和 CP 有效降解率计算采用 Ørskov 等[9]提出的模型，并用 SAS 软件进行最小二乘法数据曲线拟合，得出 a、b、c 值。

$Pt=a+b(1\text{-e-}ct)$。

式中：$Pt$ 为待测养分在 $t$ 时刻的降解率；$a$ 为快速降解部分；$b$ 为慢速降解部分；$a+b$ 为可降解部分；$c$ 为 $b$ 部分的降解速率；$t$ 为饲料在瘤胃内停留时间。

待测养分的瘤胃有效降解率与饲粮瘤胃流通速率 K 有关，其有效降解率为：

$P=a+(b\times c)/(c+K)$。

式中：*P* 为待测养分的瘤胃有效降解率；*a* 为快速降解部分；*b* 为慢速降解部分；*c* 为 *b* 部分的降解速率；*K* 为饲粮瘤胃流通速率。

表 3 不同精粗比饲粮的 K 值

Table 3 K values of diets with different concentrate to roughage ratios

| 项目 Item | A1 | A2 | A3 | A4 |
|---|---|---|---|---|
| K 值 K value | 0.0519 | 0.0414 | 0.0332 | 0.0300 |

1.6 数据统计分析

采用 SPSS 16.0 软件包进行双因素方差分析，差异显著时，采用 Tukey 法进行多重比较，分别以 $P<0.05$ 和 $P<0.01$ 作为差异显著性和极显著性判断标准，设 $P\leq0.20$ 为有显著变化趋势。由于饲粮精粗比和 MOS 添加水平的交互作用（A×B）对各指标均没有产生显著影响，因此仅列出主效应数据。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同精粗比饲粮中添加 MOS 对绵羊瘤胃养分降解率的影响

从表 4、表 5 和表 6 可以看出，饲粮精粗比对各时间点绵羊瘤胃 DM、OM 和 CP 的降解率均产生了显著影响（$P<0.05$），其变化规律均为随饲粮精料比例的升高而升高，以 A4 组各时间点 DM、OM 和 CP 的降解率均最高，且显著高于 A1 和 A2 组（$P<0.05$）。B 因子仅对各时间点绵羊瘤胃 CP 的降解率产生显著影响（$P<0.05$），其呈现出随 MOS 添加水平的增加先升高后降低的趋势，B5 组各时间点 CP 的降解率均最高，且显著高于 B1 组（$P<0.05$）。

表 4 不同时间点瘤胃 DM 降解率

Table 4 Rumen DM degradation rate at different time points %

| 组别 Groups | | 时间点 Time points/h | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 48 |
| A1 | | 30.31[c] | 35.90[b] | 44.46[c] | 48.37[b] | 56.10[c] | 62.25[c] |
| A2 | | 33.61[b] | 38.03[b] | 47.35[b] | 50.95[b] | 59.41[b] | 65.16[b] |
| A3 | | 35.80[ab] | 41.26[a] | 50.84[a] | 54.32[a] | 61.73[ab] | 67.84[ab] |
| A4 | | 36.45[a] | 41.59[a] | 51.79[a] | 55.21[a] | 62.98[a] | 68.89[a] |
| B1 | | 32.97 | 37.99 | 46.98 | 50.44 | 58.50 | 64.60 |
| B2 | | 33.37 | 38.92 | 47.89 | 51.53 | 59.65 | 65.30 |
| B3 | | 33.48 | 39.28 | 49.16 | 52.16 | 59.85 | 66.29 |
| B4 | | 34.90 | 39.46 | 49.26 | 52.89 | 60.63 | 66.56 |
| B5 | | 35.01 | 40.05 | 49.25 | 54.12 | 61.33 | 67.32 |
| B6 | | 34.52 | 39.45 | 49.12 | 52.16 | 60.36 | 66.14 |
| SEM | | 0.50 | 0.51 | 0.55 | 0.52 | 0.50 | 0.51 |
| *P* 值 | A | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *P*-value | B | 0.725 | 0.902 | 0.695 | 0.316 | 0.578 | 0.631 |
| | A×B | 0.997 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |

同列数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著($P$>0.05)，不同小写字母表示差异显著($P$<0.05)。下表同。

In the same column, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference ($P$＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference ($P$＜0.05). The same as below.

表 5　不同时间点瘤胃 OM 降解率

Table 5　Rumen OM degradation rate at different time points　　%

| 项目 Items | | 时间点 Time points/h | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 48 |
| A1 | | 28.41$^{b}$ | 31.88$^{c}$ | 36.63$^{c}$ | 43.92$^{c}$ | 51.69$^{d}$ | 53.81$^{d}$ |
| A2 | | 29.05$^{b}$ | 32.50$^{c}$ | 37.96$^{c}$ | 46.82$^{c}$ | 55.51$^{c}$ | 58.22$^{c}$ |
| A3 | | 32.22$^{a}$ | 36.34$^{b}$ | 42.68$^{b}$ | 50.90$^{b}$ | 60.81$^{b}$ | 63.87$^{b}$ |
| A4 | | 34.53$^{a}$ | 39.29$^{a}$ | 47.07$^{a}$ | 56.47$^{a}$ | 66.85$^{a}$ | 74.99$^{a}$ |
| B1 | | 29.16 | 33.00 | 39.38 | 47.58 | 56.77 | 60.60 |
| B2 | | 30.95 | 34.23 | 40.24 | 48.71 | 58.11 | 62.56 |
| B3 | | 31.27 | 35.76 | 41.68 | 50.09 | 59.13 | 63.31 |
| B4 | | 31.68 | 35.92 | 41.73 | 50.57 | 59.41 | 63.24 |
| B5 | | 32.47 | 36.60 | 42.72 | 50.88 | 60.34 | 64.28 |
| B6 | | 30.78 | 34.50 | 40.76 | 49.32 | 58.54 | 62.35 |
| SEM | | 0.52 | 0.57 | 0.67 | 0.73 | 0.82 | 1.04 |
| *P* 值 *P*-value | A | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| | B | 0.500 | 0.311 | 0.494 | 0.482 | 0.495 | 0.409 |
| | A×B | 0.996 | 0.999 | 1.000 | 0.999 | 1.000 | 0.998 |

表 6　不同时间点瘤胃 CP 降解率

Table 6　Rumen CP degradation rate at different time points　　%

| 项目 Items | 时间点 Time points/h | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 6 | 9 | 12 | 24 | 48 |
| A1 | 32.41$^{c}$ | 34.97$^{c}$ | 38.32$^{c}$ | 42.13$^{c}$ | 51.80$^{c}$ | 59.15$^{c}$ |
| A2 | 35.44$^{b}$ | 38.31$^{b}$ | 41.22$^{b}$ | 44.49$^{bc}$ | 54.29$^{bc}$ | 61.29$^{bc}$ |
| A3 | 36.60$^{ab}$ | 39.13$^{ab}$ | 43.10$^{ab}$ | 46.60$^{b}$ | 57.06$^{ab}$ | 63.04$^{ab}$ |
| A4 | 38.77$^{a}$ | 41.83$^{a}$ | 45.82$^{a}$ | 49.74$^{a}$ | 59.22$^{a}$ | 65.22$^{a}$ |
| B1 | 32.73$^{c}$ | 35.63$^{c}$ | 38.58$^{c}$ | 42.16$^{b}$ | 52.05$^{b}$ | 58.48$^{c}$ |
| B2 | 34.06$^{bc}$ | 37.07$^{bc}$ | 40.17$^{bc}$ | 44.20$^{ab}$ | 53.91$^{ab}$ | 60.38$^{bc}$ |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| B3 | | $35.74^{abc}$ | $38.81^{abc}$ | $42.25^{ab}$ | $45.95^{a}$ | $55.75^{a}$ | $62.29^{ab}$ |
| B4 | | $37.16^{ab}$ | $39.45^{ab}$ | $43.53^{ab}$ | $47.01^{a}$ | $57.02^{a}$ | $63.49^{ab}$ |
| B5 | | $38.19^{a}$ | $40.87^{a}$ | $44.63^{a}$ | $48.06^{a}$ | $57.77^{a}$ | $64.77^{a}$ |
| B6 | | $36.96^{ab}$ | $39.52^{ab}$ | $43.53^{ab}$ | $47.06^{a}$ | $57.05^{a}$ | $63.64^{ab}$ |
| SEM | | 0.56 | 0.54 | 0.57 | 0.59 | 0.59 | 0.54 |
| *P* 值 *P*-value | A | 0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| | B | 0.034 | 0.041 | 0.005 | 0.018 | 0.015 | 0.002 |
| | A×B | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.999 | 0.994 |

2.2　不同精粗比饲粮中添加 MOS 对绵羊瘤胃养分降解参数及有效降解率的影响

从表 7、表 8 和表 9 可以看出，饲粮精粗比对绵羊瘤胃 DM 和 OM 的 a、b、a+b 和有效降解率及 CP 的 a、b、c 和有效降解率均产生了显著影响（$P<0.05$），其变化规律均为随饲粮精料比例的升高而升高，以 A4 组 DM、OM 和 CP 有效降解率最高，显著高于 A1、A2 和 A3 组（$P<0.05$）。MOS 添加水平仅对绵羊瘤胃 CP 的 a+b 产生了显著影响（$P<0.05$），其变化规律为随 MOS 添加水平的增加先升高后降低，以 B5 组 CP 的 a+b 最高，显著高于 B1、B2 和 B3 组（$P<0.05$）。

表 7　瘤胃 DM 降解参数及有效降解率

Table 7　Rumen degradation parameters and effective degradation rate of DM at different time points　　%

| 项目 Items | | 快速降解部分 a | 慢速降解部分 b | b 部分的降解速率 c | 潜在降解率 a+b | 有效降解率 P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | | $18.23^{d}$ | $43.94^{b}$ | 0.092 | $62.17^{d}$ | $46.38^{d}$ |
| A2 | | $21.14^{c}$ | $44.13^{b}$ | 0.092 | $65.26^{c}$ | $51.58^{c}$ |
| A3 | | $23.67^{b}$ | $43.89^{b}$ | 0.096 | $67.56^{b}$ | $56.31^{b}$ |
| A4 | | $24.32^{a}$ | $44.51^{a}$ | 0.093 | $68.84^{a}$ | $58.12^{a}$ |
| B1 | | 20.71 | 43.97 | 0.090 | 64.67 | 51.61 |
| B2 | | 21.20 | 43.92 | 0.095 | 65.12 | 52.47 |
| B3 | | 21.43 | 44.16 | 0.095 | 65.59 | 52.85 |
| B4 | | 22.54 | 44.10 | 0.090 | 66.64 | 53.71 |
| B5 | | 23.01 | 44.25 | 0.098 | 67.26 | 54.37 |
| B6 | | 21.15 | 44.32 | 0.093 | 66.46 | 53.59 |
| SEM | | 0.53 | 0.77 | 0.00 | 0.57 | 0.97 |
| *P* 值 *P*-value | A | <0.001 | 0.007 | 0.235 | <0.001 | <0.001 |
| | B | 0.851 | 0.674 | 0.147 | 0.812 | 0.980 |
| | A×B | 0.703 | 0.469 | 0.573 | 0.426 | 0.127 |

表 8　瘤胃 OM 降解参数及有效降解率

Table 8　Rumen degradation parameters and effective degradation rate of OM at different time points　%

| 项目 Item | | 快速降解部分 a | 慢速降解部分 b | b 部分的降解速率 c | 潜在降解率 a+b | 有效降解率 P |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A1 | | 18.44[c] | 36.48[d] | 0.085 | 54.92[d] | 41.11[d] |
| A2 | | 17.79[d] | 42.25[c] | 0.087 | 60.04[c] | 46.05[c] |
| A3 | | 21.27[b] | 44.62[b] | 0.077 | 65.89[b] | 52.44[b] |
| A4 | | 22.94[a] | 53.91[a] | 0.070 | 76.85[a] | 60.82[a] |
| B1 | | 18.49 | 44.04 | 0.078 | 62.53 | 48.28 |
| B2 | | 20.25 | 43.88 | 0.078 | 64.12 | 48.78 |
| B3 | | 20.49 | 44.43 | 0.083 | 64.92 | 50.83 |
| B4 | | 20.71 | 44.51 | 0.078 | 65.22 | 50.25 |
| B5 | | 21.52 | 44.17 | 0.080 | 65.69 | 51.66 |
| B6 | | 19.21 | 44.87 | 0.083 | 64.08 | 49.85 |
| SEM | | 0.53 | 1.31 | 0.00 | 1.72 | 1.57 |
| *P* 值 *P*-value | A | <0.001 | 0.007 | 0.235 | <0.001 | <0.001 |
| | B | 0.671 | 1.000 | 0.920 | 0.998 | 0.996 |
| | A×B | 0.703 | 0.498 | 0,553 | 0.426 | 0.127 |

表 9　瘤胃 CP 降解参数及有效降解率

Table 9　Rumen degradation parameters and effective degradation rate of CP at different time points　%

| 项目 Items | 快速降解部分 a | 慢速降解部分 b | b 部分的降解速率 c | 潜在降解率 a+b | 有效降解率 P |
|---|---|---|---|---|---|
| A1 | 26.60[c] | 37.22[a] | 0.043[c] | 63.82 | 43.46[d] |
| A2 | 30.05[b] | 36.05[b] | 0.044[c] | 66.10 | 48.64[c] |
| A3 | 30.61[b] | 36.81[ab] | 0.050[b] | 67.43 | 52.69[b] |
| A4 | 32.55[a] | 35.67[c] | 0.055[a] | 68.22 | 55.56[a] |
| B1 | 26.46 | 36.48 | 0.047 | 62.95[d] | 46.46 |
| B2 | 28.27 | 36.11 | 0.048 | 64.38[cd] | 48.35 |
| B3 | 29.92 | 36.08 | 0.050 | 66.00[bc] | 50.18 |
| B4 | 31.27 | 36.65 | 0.048 | 67.91[ab] | 51.50 |
| B5 | 32.65 | 36.60 | 0.047 | 69.24[a] | 52.62 |
| B6 | 31.15 | 36.71 | 0.048 | 67.86[ab] | 51.41 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SEM | | 1.12 | 0.67 | 0.00 | 0.56 | 2.21 |
| *P* 值 *P*-value | A | 0.006 | 0.016 | <0.001 | 0.064 | <0.001 |
| | B | 0.063 | 0.930 | 0.988 | 0.016 | 0.613 |
| | A×B | 0.703 | 0.538 | 0.664 | 0.426 | 0.127 |

## 3 讨　论

瘤胃养分降解率反映了饲料原料被消化利用的难易程度，是饲料营养成分被机体利用程度的重要标志，也是饲用价值高低的体现。较高的有效降解率标志着饲料可以更好地被微生物和机体组织所利用，而饲粮精粗比就是决定瘤胃养分降解率的重要因素之一[10]。

王吉峰等[11]以 4 头安装永久瘤胃瘘管的泌乳奶牛为研究对象，采用尼龙袋法测定不同精粗比饲粮的瘤胃养分降解率，结果发现，随精料比例的升高，DM 和 OM 在瘤胃中的降解率显著升高。Getachew 等[12]曾对苜蓿干草、青贮玉米和青贮麦秸体外培养 72 h 后测定其 DM 降解率，发现苜蓿干草的 DM 降解率高于青贮玉米和青贮麦秸。Castrillo 等[13]的研究表明，升高的精料比例和饲粮中添补大麦，绵羊瘤胃 DM 和 OM 的降解率升高。赵天章[14]研究了几种奶牛常用粗饲料 DM、CP 及纤维物质的动态降解规律和有效降解率，结果显示，瘤胃内苜蓿草与苜蓿草块的 DM、CP、NDF 和 ADF 的降解率均高于其他粗饲料. 本试验结果与上述这些结论一致。本试验研究证实，各时间点绵羊瘤胃 DM、OM 和 CP 的降解率随饲粮精料比例的升高而升高，精粗比为 50:50 时有效降解率最高。饲粮中精料比例升高时，供给瘤胃微生物的可发酵养分增加，促进了瘤胃微生物的生长和增殖，进而导致饲粮中各种养分的降解率升高。在营养水平相近时，改变精粗比必然导致饲粮组成的变化，可以影响瘤胃微生物的数量，进而影响饲粮中各养分的降解率[15-17]。此外，饲料中中性洗涤纤维（NDF）的含量与体外消化率呈负相关[12]。薄玉琨等[18]在尼龙袋试验中发现，同白酒糟相比，醋糟的 DM 消化率较低，这与醋糟中相对较高的 NDF 含量有关。刘海霞等[19]以装有永久瘤胃瘘管的健康杂交绵羊（东北细毛羊×小尾寒羊）为试验动物，采用尼龙袋法测定绵羊常用粗饲料瘤胃 DM 和 CP 的降解率，发现饲料中粗纤维（CF）含量相对高时可能导致瘤胃中 CP 降解率下降。国外也有研究发现，粗饲料的蛋白质中有相当一部分与木质素紧密结合，造成蛋白质在瘤胃中不易被降解[20]。

本研究还发现，饲粮精粗比对绵羊瘤胃 DM 和 OM 的 a、b、a+b 及有效降解率产生了显著影响，对 CP 的 a、b、c 及有效降解率产生了显著影响，其变化规律均为随精料比例的

升高而升高，以 A4 组最高。薄玉琨等[18]的尼龙袋试验发现，白酒糟的 a 比醋糟高，可能是由于白酒糟中含有较多的易于降解的 CP 引起的。有研究表明，a 与 CP 含量成正相关，b 主要与 NDF 含量和消化性成正相关，且粗饲料的蛋白质中有相当一部分与木质素紧密结合[21]。因此，随着精料比例升高，a 会逐渐增加，而 b 会逐渐降低。

粗饲料的蛋白质多存在于细胞内容物中，蛋白质的降解速度取决于植物细胞壁的纤维结构[22]，因此，饲料中纤维的降解情况对蛋白质的降解率有重大的影响。本试验结果证实，MOS 显著促进了绵羊瘤胃 CP 的降解，显著增加了 CP 的 a+b。这种改变可能是由于外源寡糖改善了瘤胃发酵功能，稳定和改善了瘤胃内环境，为瘤胃微生物的生长提供了良好的条件，促进了瘤胃微生物的增殖，进而提高了 CP 和纤维物质在瘤胃中的降解率。在饲粮中添加适量的 MOS 还能提高瘤胃中蛋白酶和纤维分解酶的活性，进而提高瘤胃中 CP 的降解率[23-25]。

本试验中饲粮精粗比、MOS 添加水平这 2 个因子对各个时间点绵羊瘤胃 DM、OM 和 CP 的降解率及其有效降解率均未产生显著交互作用，这是由于饲粮精粗比对绵羊瘤胃 DM、OM 和 CP 的降解率产生了较强的主效应作用，因而没有显示出显著的交互作用。

## 4 结　论

① 随着饲粮精料比例的升高，绵羊瘤胃 DM、OM 和 CP 的降解率和有效降解率均升高，并均在饲粮精粗比为 50:50 时达最高值。

② 饲粮中添加 MOS 可提高绵羊瘤胃 CP 的降解率，当 MOS 添加水平达到 1.6%时达最高值。

③ 饲粮精粗比与 MOS 添加水平对绵羊瘤胃 DM、OM 和 CP 的降解率均没有产生显著的交互作用。

[1] ALTAMIMI M,ABDELHAY O,RASTLL R A.Effect of oligosaccharides on the adhesion of gut bacteria to human HT-29 cells[J].Anaerobe,2016,39:136–142.

[2] ZHU Z Y,CUI D,GAO H,et al.Efficient synthesis and activity of beneficial intestinal flora of two lactulose-derived oligosaccharides[J].European Journal of Medicinal Chemistry,2016,114:8–13.

[3] 陈小兵,丁宏标,乔宇.甘露寡糖的益生作用、免疫机制与应用技术[J].中国畜牧兽医,2015,32(8):6–8.

[4] 胡静,于子洋,朱亚骏,等.果寡糖对奶山羊瘤胃微生物区系及常用粗饲料瘤胃降解率的影响[J].动物营养学报,2014,26(7):1988–1995.

[5] 侯志高,王振勇,柴同杰,等.不同精粗比日粮对奶牛机体氧化应激和瘤胃内环境稳定性的影响[J].畜牧兽医学报,2008,39(4):455–459.

[6] 张莹莹,王聪,刘强,等.不同精粗比饲粮对晋南牛瘤胃发酵特性和养分消化代谢的影响[J].

动物营养学报,2014,26(8):2365–2372.
[7] 张丽英,隋连敏,杨文军.滤袋法快速测定饲料中粗脂肪和总脂肪[J].饲料工业,2010,31(5):35–36.
[8] 高民,王志铭,奥德,等.利用系统整体调控技术提高氨化麦秸养分利用率的研究[J].内蒙古畜牧科学,1991(2):1–4.
[9] ØRSKOV E R,GRUBB D A,SMITH J S,et al.Efficiency of utilization of volatile fatty acids for maintenance and energy retention by sheep[J].British Journal of Nutrition,1979,41(3):541–551.
[10] GAO W,CHEN A D,ZHANG B W,et al.Rumen Degradability and post-ruminal digestion of dry matter,nitrogen and amino acids of three protein supplements[J].Asian-Australasian Journal of Animal Sciences,2015,28(4):485–493.
[11] 王吉峰,王加启,李树聪,等.不同日粮对奶牛瘤胃发酵模式及泌乳性能的影响[J].畜牧兽医学报,2005,36(6):569–573.
[12] GETACHEW G,ROBINSON P H,DEPETERS R J,et al.Relationships between chemical composition,dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds[J].Animal Feed Science and Technology,2004,111(1/2/3/4):57–71.
[13] CASTRILLO C M,FONDEVILA J A,GUADA J A,et al.Effect of ammonia treatment and carbohy drate supplementation on the intake and digestibility of barley straw diets by sheep[J].Animal Feed Science and Technology,1995,51(1/2):73－90.
[14] 赵天章.奶牛主要饲料原料蛋白质和纤维物质瘤胃降解规律的研究[D].硕士学位论文.内蒙:内蒙古农业大学,2007.
[15] 徐晓娜,李文立.日粮精粗比对羊瘤胃微生物、环境及饲料消化率的影响[J].粮食与饲料工业,2013,12(1):57–59.
[16] 朱素华.日粮碳水化合物结构对山羊瘤胃发酵和氮代谢的影响[D].硕士学位论文.扬州:扬州大学,2010.
[17] GRILLI D J,FLIEGEROVÁ K,KOPEČNÝ J,et al.Analysis of the rumen bacterial diversity of goats during shift from forage to concentrate diet[J].Anaerobe,2016,42:17–26.
[18] 薄玉琨,杨红建,王雯熙,等.采用尼龙袋法和体外产气法对白酒糟和醋糟营养价值的评定和比较[J].草食家畜,2011(3):34–38.
[19] 刘海霞,刘大森,隋美霞,等.羊常用粗饲料干物质和粗蛋白的瘤胃降解特性研究[J].中国畜牧杂志,2010,46(21):37–42.
[20] GRANT R J,MERTENS D R.Influence of buffer pH and raw corn starch addition on *in vitro* fiber digestion kinetics[J].Journal of Dairy Science,1992,75(10):2762–2768.
[21] CONE J W,GELDER A H.Influence of protein ferm-entation on gas production profiles[J].Animal Feed Science and Technology,1999(76):251–264.

[22] 么学博,杨红建,谢春元,等.反刍家畜常用饲料蛋白质和氨基酸瘤胃降解特性和小肠消化率评定研究[J].动物营养学报,2007,19(3):225–231.
[23] 林英庭,祁茹,王利华,等.外源寡糖对山羊瘤胃液酶活及粗饲料瘤胃降解率的影响[J].动物营养学报,2014,26(12):3616–3624.
[24] 祁茹,温建新,程明,等.不同外源寡糖对崂山奶山羊瘤胃微生物区系的影响[J].动物营养学报,2012,24(2):349–357.
[25] 张学峰.外源寡糖在绵羊消化道内的降解、转化、利用和流通规律及其对瘤胃微生物区系、免疫和营养物质消化影响的研究[D].博士学位论文.呼和浩特:内蒙古农业大学,2007.

Effects of Adding Mannan-Oligosaccharides to Diets with Different Concentrate to Roughage Ratios on Nutrient Degradation Rates in Sheep Rumen

WANG Lin　ZHAO Chen　ZENG Yanxia　CHEN Zhilong　ZHENG Chen*
(*Faculty of Animal Science & Technology*, *Gansu Agricultural University*, *Lanzhou* 730070, *China*)

Abstract: The purpose of this experiment was to investigate the effects of adding mannan-oligosaccharides (MOS) to diets with different concentrate to roughage ratios on nutrient degradation rates in sheep rumen using nylon bag technique. Six wethers (white Suffolk ♂×small-tailed *Han* sheep ♀) installed permanent rumen fistula were used for offering ruminal digestible situation. A 4×6 two-factor design was adopted and two factors were the ratio of concentrate to roughage [A1 (20:80), A2 (30:70), A3 (40:60) and A4 (50:50), respectively] and the adding level of MOS [B1 (0%), B2 (0.4%), B3 (0.8%), B4 (1.2%), B5 (1.6%) and B6 (2.0%), respectively]. The results showed that the rumen degradation rates, degradation parameters [DM and OM: immediately degraded fraction （a）, slowly degraded fraction （b） and degradable fraction（a+b）; CP: a, b and the rate degradation of b（c）] and effective degradation rates of dry matter (DM), organic matter (OM) and crude protein (CP) at different time points were significantly influenced by the dietary concentrate to roughage ratio ($P<0.05$), and they were promoted with the dietary concentrate to roughage ratio increasing. These indexes of A4 group reached the peak at all time points. The rumen degradation rate and a+b of digestible parameters of CP were significantly influenced by the MOS adding level ($P<0.05$), which were firstly increased and then decreased with the MOS adding level rising, and the highest values were found in B5 group. There were no significant interaction in nutrient degradation rates between dietary concentrate to roughage ratio and MOS adding level ($P>0.05$). In conclusion, when dietary concentrate to roughage ratio is 50:50, the effective degradation rates of DM, OM and CP in sheep rumen have the highest values; when MOS adding level is 1.6%, the degradation rate of CP in sheep rumen has the highest value.

Key words: sheep; concentrate to roughage ratio; mannan oligosaccharides; nylon bag technique;

*Corresponding author, associate professor, E-mail: zhengc@gsau.edu.cn　(责任编辑　菅景颖)

rumen degradation rate